

УДК 629.783

Оценка величины падения орбиты сверхнизкоорбитальных космических аппаратов

Соболев Иван Анатольевич^{1(*)}

sobolevia@bmstu.ru

SPIN-код: 3769-5221

Самыловский Иван Александрович²

ivan.samylovskiy@cosmos.msu.ru

SPIN-код: 4756-1342

Богачёва Анастасия Евгеньевна²

anastasia.bogachyova@cosmos.msu.ru

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Изложен подход к определению скорости падения высоты орбиты космического аппарата (КА), находящегося на сверхнизкой околоземной орбите. Для рассмотрения выбран диапазон высот орбит от 150 до 300 км. Осуществлено сравнение результатов грубых оценочных расчетов согласно методике на основе ГОСТ 25645.101–83 и численного моделирования полета КА. Показано, как изменяется разница между результатами, полученными приближенным и численным методом, при изменении высоты орбиты. Даны рекомендации по использованию полученных данных в проектных расчетах сверхнизкоорбитальных КА.

Ключевые слова: верхняя атмосфера, сверхнизкая орбита, низкоорбитальные космические аппараты, аэродинамика космических аппаратов, численное моделирование

Введение. В настоящее время актуальным вопросом разработки техники дистанционного зондирования Земли является повышение разрешающей способности орбитальных средств наблюдения [1, 2]. Одним из путей достижения этой цели является снижение высоты рабочей орбиты КА. В этом случае достигается существенное снижение габаритов, массы и стоимости целевой оптической аппаратуры, а также смещение границы разрешающей способности, обусловленной дифракционным пределом.

Однако на сверхнизкой орбите усиливается влияние на КА внешних факторов, главным из которых становится сопротивление атмосферы. Для поддержания рабочей высоты орбиты целесообразно использование двигательной установки (ДУ) на основе плазменных, ионных или прямоточных электроракетных двигателей. Выбор тяговых и энергетических характеристик ДУ требует знания величины снижения высоты орбиты за заданный промежуток времени.

В докладе показывается сравнение результатов расчета с использованием программы моделирования орбитального движения КА (MIDE) с результатами оценки, полученной с помощью ГОСТ 25645.101–83.

Методы и материалы; результаты. В ходе исследований были определены величины падения орбиты для КА, функционирующего в диапазоне вы-

сот от 150 до 300 км. Предполагается, что вблизи верхней границы могут располагаться КА с корректирующей двигательной установкой на основе СПД, а вблизи нижней границы — на основе прямоточного электрореактивного двигателя.

Расчеты проводились с использованием программного комплекса MIDE, реализующего функциональность моделирования возмущенного движения космических аппаратов [3]. Результаты показали, что для КА массой около 100 кг и баллистическим коэффициентом $0,001 \text{ м}^2/\text{кг}$ снижение высоты орбиты за 7–10 витков в диапазоне высот от 200 до 300 км не превышает 1–1,5 км. Такая величина, согласно проведенным ранее исследованиям [4], позволяет использовать в составе ДУ электроракетные двигатели типа СПД. Величины снижения орбит в диапазоне от 150 до 200 км могут служить исходными данными для проектирования КА, оснащенных прямоточными электроракетными двигателями.

Было проведено сравнение полученных результатов с грубой оценкой по методике ГОСТ 25645.101–83. При этом было выявлено, что расчеты по ГОСТ 25645.101–83 дают заниженные результаты, что может быть объяснено дискретным характером интерполяции силы сопротивления при снижении высоты орбиты.

Закключение. Проведен анализ величины падения высоты орбиты для сверхнизкоорбитального КА. Полученные результаты показывают принципиальную реализуемость сверхнизкоорбитального КА на основе электроракетных двигателей и могут быть использованы в практике проектирования. В то же время более точная оценка величины падения высоты орбиты требует хорошего знания величины коэффициента лобового сопротивления КА на сверхнизкой орбите.

Список источников

- [1] *Космические снимки сверхвысокого разрешения*. URL: <https://innoter.com/articles/kosmicheskie-snimki-sverkhvysokogo-razresheniya> (дата обращения 23.11.2023).
- [2] Гарбук С.В., Гершензон В.Е. *Космические системы дистанционного зондирования Земли*. Москва, Издательство А и Б, 1997, 296 с.
- [3] *ФКИ МГУ имени М.В. Ломоносова. MIDE: кроссплатформенная среда моделирования аэрокосмических систем*. URL: <https://www.astrodynlab.space/mide> (дата обращения 13.10.2025).
- [4] Соболев И.А. О возможности использования на сверхнизкоорбитальных космических аппаратах отечественных двигателей малой тяги. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2025, № 2 (158). <http://doi.org/10.18698/2308-6033-2025-2-2423>